

**ANALISA ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT
PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Oleh:

JURI EFENDI

D400 140 029

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT
PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD
CEPU MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

JURI EFENDI

D 400 140 029

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, S.T., M.T

NIK.883

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6

OLEH

JURI EFENDI


D 400 140 029

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari ~~Kamis~~, 18-11-2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, S.T., M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar S.T., M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman S.T., M.T
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,

Dr. Sri Sunardi, M.T, Ph.D
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 5 Januari 2018

Penulis



Juri Efendi

ANALISA ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6

Abstrak

Studi aliran beban sangat diperlukan untuk perhitungan pada sistem tenaga listrik. Perhitungan digunakan untuk memperbaiki sistem agar lebih optimal. Studi aliran beban dapat dilakukan dalam berbagai metode seperti dengan melakukan perhitungan manual atau dengan *software* komputer. ETAP Power Station merupakan *software* yang mendukung dalam hal studi aliran beban. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memperbaiki profil tegangan dan rugi-rugi daya dengan melakukan evaluasi terhadap komponen-komponen pada sistem. Perbaikan dilakukan agar drop tegangan masih dalam batas toleransi yaitu dibawah 5% dan untuk memperbaiki rugi-rugi daya. Banyak metode yang digunakan untuk penyelesaian studi aliran beban. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan studi aliran beban ini adalah metode Newton-Raphson. Perbaikan aliran beban dilakukan dengan 2 tahap, tahap pertama dilakukan analisa keadaan sistem, dan tahap kedua dengan melakukan tindakan perbaikan terhadap sistem. Simulasi dilakukan pada ETAP dengan menggunakan beban 100%. Kapasitas trafo 1600 kVA tidak mampu menopang beban maksimal yang mencapai 1768 KW maka harus dilakukan evaluasi terhadap pembangkit dengan mengganti kapasitas trafo menjadi 2000 kVA. Simulasi pertama memperlihatkan masih banyak bus yang mengalami drop tegangan dan rugi-rugi dayayang besar, terutamanya bus 34 dan 35 yang mengalami drop sebesar 19.29 %, setelah dilakukan perbaikan pada komponen kabel dan CB kondisi drop pada bus tersebut menurun hingga 4.8 %. Simulasi tahap pertama juga memperlihatkan *losses* daya aktif sebesar 161.5 KW dan *losses* daya reaktif sebesar 98.5 kVAR. Setelah dilakukan evaluasi terhadap komponen-komponen pada sistem diperoleh *losses* daya aktif 32.6 kW dan *losses* daya reaktif sebesar 20.0 kVAR.

Kata kunci : aliran beban, ETAP Power Station, Newton-Raphson

Abstract

Load flow studies are indispensable for calculation on electric power systems. The calculation used to improve the system so that more optimal. Load flow studies can be done in a variety of methods such as by doing the calculation manually or by computer software. ETAP Power Station is a software that supports the load flow studies in the matter. The purpose of doing research is to improve voltage profile and loss-power loss by doing the evaluation of the components on the system. The repair was done so that voltage drop is still within the limits of tolerance that is under 5% and for memberbaiki loss-power loss. Many of the methods used for the completion of the study load flow. The methods used in the studies the flow of this burden is the Newton-Raphson method. Improvements to the flow of the load is carried out with two stages, the first stage done the analysis State system, and the second stage by performing corrective actions to the system. Simulations conducted at the ETAP using 100% load. 1600 kVA transformer capacity is not able to sustain the maximum load that reached 1768 KW then it should be evaluated against the plant by changing the capacity of the transformer into a 2000 kVA. The first simulation shows there are still many who are experiencing bus voltage drop and power loss-loss is great, especially on bus 34 and 35 that experienced a drop of

19.29%, after repairs at the component cables and CB condition drop on the bus decreased to 4.8%. The first stage of the simulation also showed losses of active power of 161.5 KW and reactive power losses amounted to 98.5 kVAR. After evaluation of the components on the system retrieved losses of active power 32.6 kW power losses and reactive of 20.0 kVAR.

Key words: load flow, ETAP Power Station, Newton-Raphson

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan primer untuk saat ini, hampir semua industri membutuhkan tenaga listrik. Perkembangan industri yang berbanding lurus dengan penambahan beban yang akan berdampak pada proses industri, maka perlu adanya perubahan pada sistem tenaga listrik. Tidak adanya pengelolaan sistem tenaga listrik akan berdampak pada rugi-rugi daya yang semakin membesar dan berakibat memburuknya profil tegangan. Studi aliran beban merupakan hal yang sangat penting untuk tahap perencanaan. Penentuan kapasitas komponen yang sesuai akan sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem tenaga listrik.

Studi aliran beban merupakan penentuan dan perhitungan arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif dan faktor daya yang berada pada berbagai titik dalam suatu jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal. Studi aliran beban dilakukan untuk memastikan transfer listrik stabil dan mampu menyuplai beban (Dharamjit, 2012). Sistem industri tidak hanya bergantung pada suplai listrik dari PLN, penambahan sumber listrik dengan menggunakan generator sangat diperlukan untuk menjaga keandalan kinerja sistem disaat suplai dari PLN mengalami masalah. Studi aliran beban membahas tentang semua jalur pada sistem kelistrikan yang sangat luas. Pembatasan pembahasan masalah perlu dilakukan agar lebih fokus dan mendetail terhadap sistem tenaga listrik yang sangat luas. Pemilihan sumber listrik yaitu dari PLN adalah cara agar lebih fokus dan mendetail dalam pembahasan.

Studi aliran beban perlu dilakukan karena bertambahnya beban akibat banyaknya penambahan komponen-komponen penunjang untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal. Peralatan sistem tenaga listrik dirancang agar dapat bertahan dalam kondisi terburuk (Sudhashu, 2016). Kestabilan beban menjadi perhatian utama pada jaringan transmisi dan distribusi untuk memastikan daya tahan dapat diandalkan dari generasi ke generasi (Ismani, 2017). Kapasitas komponen dari sistem yang sebelumnya sudah mampu mengatasi beban yang ada memerlukan perbaikan karena adanya penambahan beban pada sistem agar profil tegangan tetap bagus. Metode komputasi Newton Raphson adalah metode yang dipilih untuk menyelesaikan perhitungan aliran beban, metode ini sangat cocok jika dilihat dari sistem yang digunakan termasuk sistem yang besar.

Selain hal tersebut pemilihan metode ini juga dipertimbangkan dari segi praktis, ketelitian dan kecepatan penyelesaian.

Software ETAP Power Station 12.6 merupakan software yang digunakan untuk simulasi jaringan listrik, salah satunya menyelesaikan studi aliran beban. Simulasi dilakukan untuk perencanaan optimasi sistem (Stet, 2017). Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada ETAP dapat diketahui besar rugi-rugi daya dan juga kondisi dari profil tegangan pada sistem tenaga listrik. Pada ETAP juga menampilkan arus, tegangan dan daya yang juga dianalisa untuk memperkecil rugi-rugi daya agar profil tegangan tetap bagus. Perbaikan profil tegangan dan rugi-rugi daya dapat dilakukan dengan cara perbaikan ukuran kabel, penambahan rating CB dan fuse, juga dengan penambahan komponen kapasitor *shunt*. Perbaikan pada kabel dan penempatan kapasitor bank dengan jumlah kapasitor bank yang disarankan (Saeed, 2017). Penambahan kapasitor shunt dengan nilai yang terlalu besar akan menjadi beban. Hal tersebut adalah salah satu alasan pentingnya analisa aliran beban agar mencapai suatu sistem yang aman dan handal.

1.1 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana keadaan mengenai rugi-rugi daya dan profil tegangan di pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu?
- 2) Bagaimana cara untuk memperbaiki rugi-rugi daya dan profil tegangan di pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu?

1.2 Tujuan Penelitian

- 1) Mengetahui keadaan mengenai rugi-rugi daya dan profil tegangan di pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu.
- 2) Menentukan cara untuk memperbaiki rugi-rugi daya dan profil tegangan di pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu.

1.3 Manfaat Penelitian

- 1) Diharapkan bisa menambah pengetahuan tentang software ETAP Power Station 12.6 dalam hal simulasi sebuah sistem, khususnya mengenai analisa aliran beban.
- 2) Hasil dari analisa aliran beban dapat digunakan untuk memperbaiki system agar menjadi lebih aman.

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan rancangan penelitian sebagai berikut :

1) Studi literatur

Studi literatur merupakan kajian penulis atas referensi-referensi yang ada berupa buku, karya ilmiah, internet dan media masa yang bersangkutan dengan laporan ini.

2) Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang akan diolah dalam penelitian ini. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini mengenai keterangan aliran daya dan diagram *single line* pada sistem tenaga listrik di pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu.

3) Analisa Data

Proses pemahaman tentang data yang didapatkan dari proses pengumpulan data, proses ini dapat diketahui masih baik atau tidak sistem dalam bekerja.

4) Perbaikan Perancangan Sistem

Proses dimana hasil dari analisa data pertama jika ada hasil yang tidak sesuai dengan standart IEC maka harus ada perbaikan agar sistem menjadi aman dan handal.

5) Pengujian dan Analisa Data

Tahap terakhir pengujian rancangan setelah dilakukan perbaikan serta membandingkan dengan hasil lapangan yang selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan.

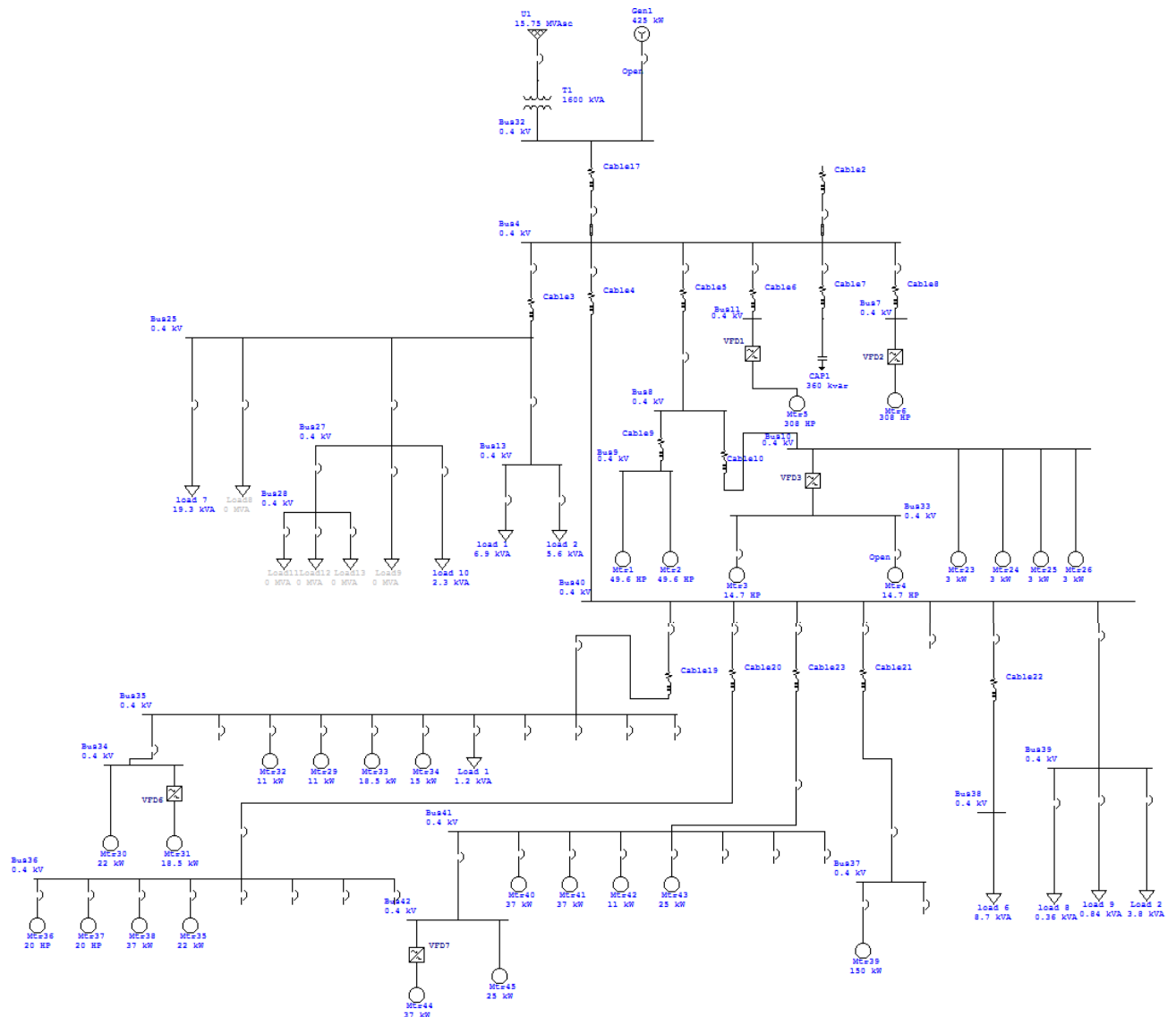
2.2 Peralatan Utama dan Pendukung

Peralatan utama dan pendukung yang digunakan untuk penelitian ini antara lain :

- 1) Perangkat PC (*Personal Computer*) dilengkapi dengan *software* ETAP Power Station 12.6 yang digunakan untuk menganalisa aliran beban pada sistem tenaga listrik.
- 2) Mesin printer yang digunakan untuk mencetak hasil penelitian dan laporan.

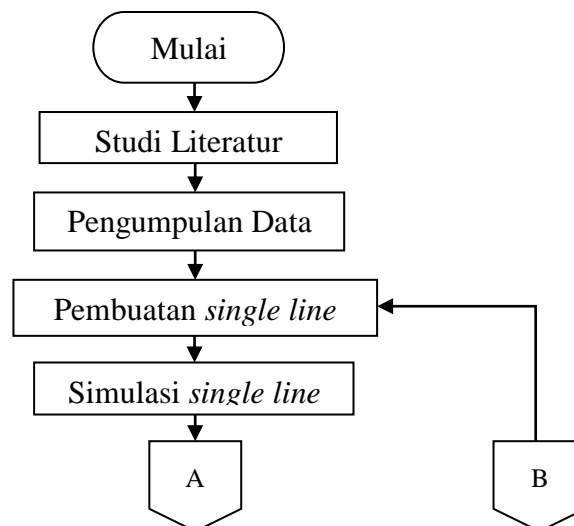
2.3 Gambaran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

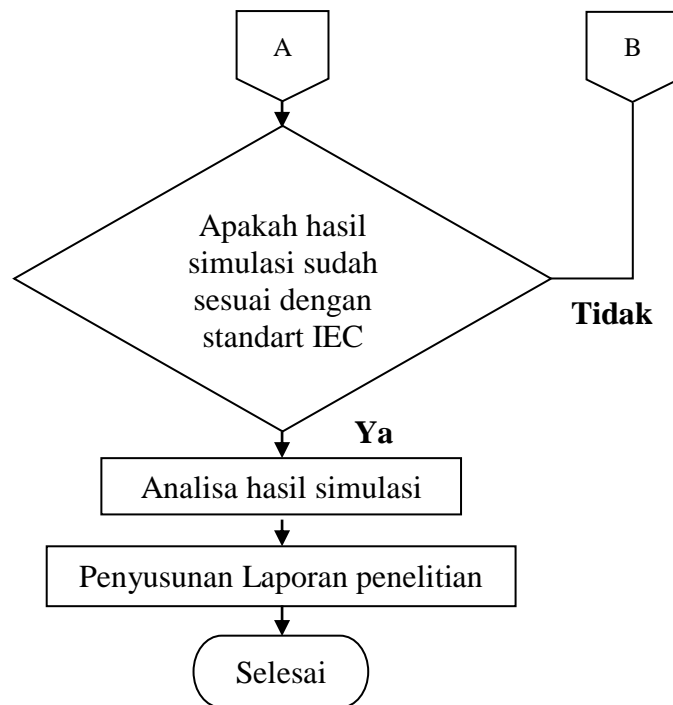
Penelitian ini mengambil data sistem tenaga listrik dari pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu. Gambar *single line diagram* di ETAP Power Station12.6 dapat dilihat gambar 1.



Gambar 1. Single line diagram

2.4 Flowchart Penelitian





Gambar 2. *Flowchart* penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi Aliran Beban Tahap 1

Simulasi aliran beban tahap 1 diterapkan pada jaringan sistem tenaga listrik pusat penampung produksi Menggung pertama asset IV field Cepu yang sesuai dengan data masukan daftar beban dan *single line diagram*. Simulasi tahap 1 bertujuan untuk mengetahui keadaan rugi-rugi daya dan profil tegangan sebelum ada perbaikan. Gambar 3 adalah hasil dari simulasi aliran beban dengan software ETAP 12.6. Dari gambar 3 terlihat ada beberapa komponen berwarna merah dan ungu. Warna merah menandakan komponen tersebut dalam kondisi *critical* yang berarti perlu dilakukan evaluasi agar sistem tetap aman dan warna ungu menandakan komponen tersebut dalam kondisi *marginal* yang berarti masih dalam batas toleransi keadaan aman.

Gambar 3 memperlihatkan banyak terjadi *drop* tegangan mulai dari trafo distribusi dan komponen yang berada dibawahnya. Pada bus paling jauh tegangan hanya mencapai 82.51%. Kondisi pada percabangan terdapat beberapa kabel mengalami *overload* yang ditandai dengan kondisi kabel berwarna merah. Kapasitas kabel yang terlalu kecil akan berakibat *drop* tegangan pada percabangan selanjutnya. Ukuran kabel yang terlalu kecil akan berakibat timbulnya panas pada kabel sehingga memicu terjadinya kebakaran dan juga berpengaruh terhadap beban pada sistem yang akan tertahan oleh kabel. Terdapat fuse dalam kondisi *critical* yang berarti kurang besarnya rating fuse yang digunakan. Fuse yang seharusnya berfungsi sebagai pemutus saat

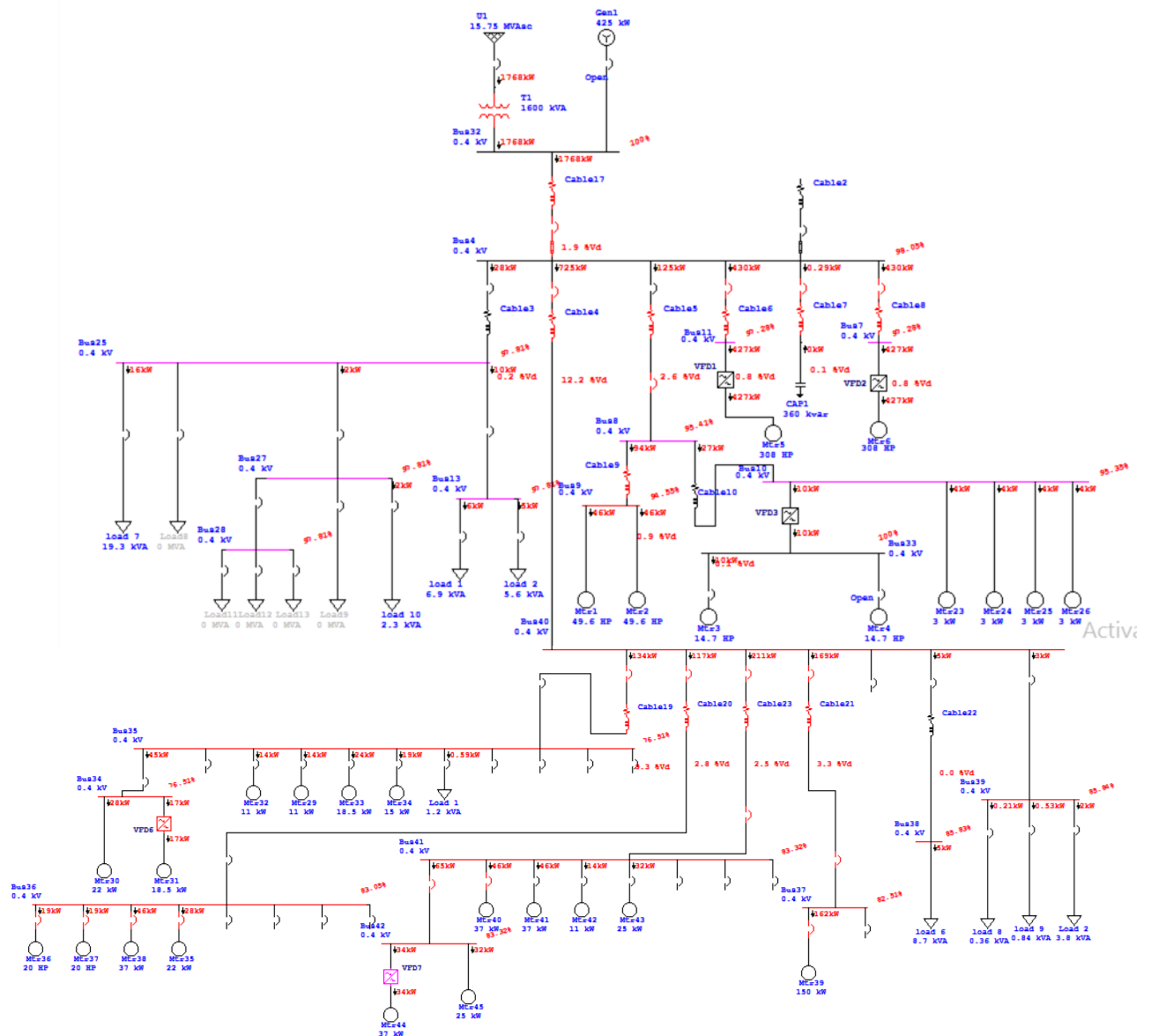
hubung singkat dan arus lebih secara otomatis maka dalam kondisi ini fuse akan putus sebelum mencapai beban puncak. Ada beberapa CB (*circuit breake*) dengan kondisi warna merah yang menandakan kurang besarnya rating CB, CB yang seharusnya berfungsi sebagai pemutus arus lebih secara otomatis dan pemutus secara manual jika akan dilakukan perawatan jaringan, dalam kondisi ini CB akan trip sebelum mencapai beban puncak.

Tabel 1 merupakan tabel *load flow report*, terlihat pada bus 24 yang langsung menerima tegangan dari pembangkit, bus tersebut memberi daya aktif sebesar 1768 kW dan daya reaktif sebesar 0.335 Kvar sedangkan pembangkit hanya memiliki kapasitas 1600 kVA atau 1280 kW. Saat sistem berjalan 100% pembangkit tidak akan mampu menyuplai seluruh sistem. Simulasi dilakukan dengan beban 100% untuk dilakukan evaluasi terhadap rugi-rugi daya sekaligus profil tegangan agar sistem menjadi lebih aman dan handal.

Tabel 2 menampilkan rugi-rugi daya yang terjadi pada tiap komponen. Simulasi pertama sebelum dilakukan perbaikan mengalami rugi-rugi daya aktif sebesar 161.7 kW dan total daya reaktif sebesar 98.9 Kvar. Terlihat rugi-rugi daya yang sangat mencolok pada *cable 4* dan *cable 19* yang mencapai 12.21%. Rugi-rugi daya sebesar itu akan mengakibatkan kerugian bagi pihak PLN karena daya yang hilang dan tidak terbayar. Usaha yang dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya adalah dengan melakukan penambahan kapasitas pada trafo distribusi.

Tabel 3 memperlihatkan sebagian bus mengalami *drop* tegangan yang melewati batas toleransi. Batas toleransi *drop* pada bus maksimal sebesar 5%. Terlihat warna merah pada bus 9, 34, 35, 36,37, 38, 39, 40, 41, dan 42 yang menandakan dalam keadaan *critical* sehingga perlu dilakukan perbaikan. Perbaikan dilakukan pada komponen yang berada sebelum bus ataupun penambahan kapasitor adalah cara untuk mengurangi *drop* tegangan.

Terlihat pada gambar *single line diagram* terdapat beberapa bagian yang terputus, bagian tersebut merupakan *spare*, *spare* merupakan kabel tambahan yang berfungsi sebagai cadangan jika terjadi penambahan komponen lain sebagai penunjang kinerja sistem. Simulasi yang dilakukan merupakan simulasi tanpa menggunakan prakiraan beban pada *spare*. Hal tersebut dilakukan karena jika simulasi dilakukan dengan penambahan beban prakiraan pada tiap *spare* akan menambah total beban yang berakibat pada kapasitas kabel dan rating CB yang semakin membesar. Penambahan kapasitas kabel dan rating CB akan berpengaruh terhadap *drop* tegangan dan rugi-rugi daya yang semakin membesar jika diterapkan pada sistem yang sekarang yaitu masih dengan *spare* tanpa beban.



Gambar 3. Single line diagram tahap 1

Tabel 1. Load flow report tahap 1

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
Bus4	0.400	98.050	-0.8	0	0	0	0	Bus25	0.028	0.017	48.1	85.8	
								Bus40	0.725	0.355	1188.3	89.8	
								Bus8	0.125	0.062	204.8	89.7	
								Bus11	0.430	0.109	652.6	96.9	
								Bus6	0.000	-0.346	509.5	-0.1	
								Bus7	0.430	0.109	652.6	96.9	
							Bus32	-1.738	-0.305	2597.0	98.5		
Bus6	0.400	98.133	-0.8	0	0	0.000	-0.347	Bus4	0.000	0.347	509.5	0.0	
Bus7	0.400	97.284	-1.1	0	0	0.427	0.106	Bus4	-0.427	-0.106	652.6	97.0	
								VFD2	0.427	0.106	652.6	97.0	
Bus8	0.400	95.406	-0.5	0	0	0	0	Bus4	-0.121	-0.061	204.8	89.4	
								Bus9	0.094	0.044	156.8	90.4	
								Bus10	0.027	0.016	48.1	85.6	

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow						XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus9	0.400	94.554	-0.4	0	0	0.093	0.044	Bus8	-0.093	-0.044	156.3	90.4		
Bus10	0.400	95.350	-0.4	0	0	0.027	0.016	Bus8	-0.027	-0.016	48.1	85.6		
								VFD3	0.010	0.006	18.1	87.5		
Bus11	0.400	97.284	-1.1	0	0	0.427	0.106	Bus4	-0.427	-0.106	652.6	97.0		
								VFD1	0.427	0.106	652.6	97.0		
Bus13	0.400	97.810	-0.7	0	0	0.010	0.006	Bus25	-0.010	-0.006	17.7	85.8		
*Bus24	20.000	100.000	0.0	1.768	0.335	0	0	Bus32	1.768	0.335	51.9	98.2		
Bus25	0.400	97.810	-0.7	0	0	0.016	0.009	Bus4	-0.028	-0.017	48.1	85.8		
								Bus13	0.010	0.006	17.7	85.8		
								Bus27	0.002	0.001	3.3	85.8		
Bus27	0.400	97.810	-0.7	0	0	0.002	0.001	Bus25	-0.002	-0.001	3.3	85.8		
								Bus28	0.000	0.000	0.0	0.0		
Bus28	0.400	97.810	-0.7	0	0	0	0	Bus27	0.000	0.000	0.0	0.0		
Bus32	0.400	99.996	0.0	0	0	0	0	Bus4	1.768	0.335	2597.0	98.2		
								Bus24	-1.768	-0.335	2597.0	98.2		
Bus34	0.400	76.513	0.4	0	0	0.045	0.023	Bus35	-0.045	-0.023	96.2	89.0		
								VFD6	0.017	0.009	37.0	88.7		
Bus35	0.400	76.513	0.4	0	0	0.072	0.039	Bus40	-0.118	-0.063	251.2	88.3		
								Bus34	0.045	0.023	96.2	89.0		
Bus36	0.400	83.050	-1.2	0	0	0.112	0.057	Bus40	-0.112	-0.057	218.6	89.3		
Bus37	0.400	82.505	-1.2	0	0	0.162	0.070	Bus40	-0.162	-0.070	308.5	91.7		
Bus38	0.400	85.827	-1.8	0	0	0.005	0.003	Bus40	-0.005	-0.003	10.7	85.8		
Bus39	0.400	85.842	-1.8	0	0	0.003	0.002	Bus40	-0.003	-0.002	6.2	85.4		
Bus40	0.400	85.842	-1.8	0	0	0	0	Bus4	-0.640	-0.300	1188.3	90.6		
								Bus35	0.134	0.065	251.2	90.0		
								Bus36	0.117	0.057	218.6	89.8		
								Bus37	0.169	0.071	308.5	92.1		
								Bus38	0.005	0.003	10.7	85.8		
								Bus41	0.211	0.101	393.5	90.3		
								Bus39	0.003	0.002	6.2	85.4		
Bus41	0.400	83.320	-1.2	0	0	0.139	0.068	Bus40	-0.204	-0.100	393.5	89.9		
								Bus42	0.065	0.032	125.9	89.9		
Bus42	0.400	83.320	-1.2	0	0	0.065	0.032	Bus41	-0.065	-0.032	125.9	89.9		
								VFD7	0.034	0.016	64.9	90.4		
*VFD1	0.400	100.000	0.0	0.427	0.106	0	0	Mtr5~	0.427	0.106	634.9	97.0		
*VFD2	0.400	100.000	0.0	0.427	0.106	0	0	Mtr6~	0.427	0.106	634.9	97.0		
*VFD3	0.400	100.000	0.0	0.010	0.006	0	0	Bus33	0.010	0.006	17.3	87.5		
*VFD6	0.400	100.000	0.0	0.017	0.009	0	0	Mtr31~	0.017	0.009	28.3	88.7		
*VFD7	0.400	100.000	0.0	0.034	0.016	0	0	Mtr44~	0.034	0.016	54.1	90.4		

* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Tabel 2.Total losses tahap 1

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable3	0.028	0.017	-0.028	-0.017	0.1	0.0	98.0	97.8	0.24
Cable4	0.725	0.355	-0.640	-0.300	85.1	54.9	98.0	85.8	12.21
Cable5	0.125	0.062	-0.121	-0.061	3.7	0.9	98.0	95.4	2.64
Cable6	0.430	0.109	-0.427	-0.106	2.8	2.9	98.0	97.3	0.77
Cable7	0.000	-0.346	0.000	0.347	0.3	0.3	98.0	98.1	0.08
Cable8	0.430	0.109	-0.427	-0.106	2.8	2.9	98.0	97.3	0.77
Cable17	-1.738	-0.305	1.768	0.335	30.0	30.5	98.0	100.0	1.95
Cable9	0.094	0.044	-0.093	-0.044	0.9	0.2	95.4	94.6	0.86
Cable10	0.027	0.016	-0.027	-0.016	0.0	0.0	95.4	95.3	0.06
T1	1.768	0.335	-1.768	-0.335	0.0	0.2	100.0	100.0	0.00
Cable19	-0.118	-0.063	0.134	0.065	16.9	2.6	76.5	85.8	9.33
Cable20	-0.112	-0.057	0.117	0.057	4.4	0.7	83.0	85.8	2.79
Cable21	-0.162	-0.070	0.169	0.071	7.3	1.1	82.5	85.8	3.34
Cable22	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0.0	0.0	85.8	85.8	0.01
Cable23	0.211	0.101	-0.204	-0.100	7.1	1.1	85.8	83.3	2.52
					161.5	98.5			

Tabel 3. *Bus droptahap 1*

Bus ID	Nominal kV	Voltage	kW Loading
Bus4	0.4	98.05	1738
Bus7	0.4	97.28	427
Bus8	0.4	95.41	121
Bus9	0.4	94.55	92.85
Bus10	0.4	95.35	27.2
Bus11	0.4	97.28	427
Bus13	0.4	97.81	10.277
Bus25	0.4	97.81	27.973
Bus27	0.4	97.81	1.894
Bus28	0.4	97.81	0
Bus32	0.4	100	1768
Bus34	0.4	76.51	45.364
Bus35	0.4	76.51	118
Bus36	0.4	83.05	112
Bus37	0.4	82.51	162
Bus38	0.4	85.83	5.475
Bus39	0.4	85.84	3.138
Bus40	0.4	85.84	640
Bus41	0.4	83.32	204
Bus42	0.4	83.32	65.37

3.2 Simulasi Aliran Beban Tahap 2

Tahap 2 adalah simulasi untuk mengevaluasi beberapa komponen berwarna merah yang menandakan terjadi *overload* maupun *drop* tegangan pada komponen tersebut yang terjadi pada tahap 1.

Tindakan evaluasi yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Pertama dilakukan evaluasi terhadap kapasitas trafo. Pada simulasi tahap 1 dapat dilihat daya aktif pada trafo untuk beban 100% adalah 1768 kW, sedangkan kapasitas trafo yang tersedia hanya 1280 kW. Perlu adanya penggantian kapasitas trafo dari 1600 kVA menjadi 2000 kVA. Penggantian dengan kapasitas trafo yang jauh lebih besar dari total beban maksimal dilakukan untuk berjaga-jaga jika setiap waktu terdapat penambahan beban pada spare yang tersedia.
- 2) Penggantian kabel 17 pada saluran setelah trafo yang menuju CB 18. Kabel 17 yang awalnya berinti 2 dengan diameter 300 mm hanya mampu menghantarkan arus sebesar 882.1 A. Dilakukan penggantian kabel dengan kabel berinti 6 agar mampu menghantarkan arus yang lewat yaitu sebesar 2564.7 A
- 3) Rating CB 18 terlalu kecil untuk arus sebesar 2564.7 A. Penggantian rating CB menjadi 3200 A.

- 4) Fuse 3 dengan kapasitas 1250 A akan putus karena menahan arus sebesar 2564.7 A. Penggantian fuse menjadi 3150 A dilakukan agar dapat menahan arus yang lewat.
- 5) CB13 yang memiliki rating 400 A akan trip jika arus sebesar 1171.1 A. Perlu dilakukan penggantian rating menjadi 1250 A.
- 6) *Cable 4* mengalami overload karena menghantarkan arus sebesar 1159.3 A. Perlu dilakukan penggantian kabel berinti 4 dengan diameter yang sama yaitu 185 mm.
- 7) Bus 40 yang sebelumnya *undervoltage*, setelah adanya perbaikan pada *cable 4* kondisi berubah menjadi *marginal* atau masih dalam kondisi aman, jadi tidak perlu adanya penambahan kapasitor.
- 8) CB 92 memiliki rating 100 A akan trip karena arus sebesar 202.4 A, perlu penambahan rating CB dari 100 A menjadi 225 A.
- 9) *Cable 19* mengalami *overload*, penggantian kabel berinti 2 dengan diameter 95 mm masih belum mencukupi karena masih terjadi *drop* tegangan pada bus setelahnya. Perlu dilakukan evaluasi menjadi kabel berinti 3 dengan diameter 95 mm.
- 10) Bus 10 dan 34 yang sebelumnya mengalami *undervoltage*, setelah dilakukan perbaikan pada *cable 19*, sekarang sudah dalam kondisi *marginal* yang berarti masih dalam kondisi aman.
- 11) Komponen CB 102 akan trip karena menanggung arus sebesar 191 A, perlu adanya perbaikan dengan menambah rating CB menjadi 200 A.
- 12) *Cable 20* tidak mampu menghantarkan arus sebesar 191.9 A. Perlu adanya penggantian dengan kabel berinti 2.
- 13) Bus 36 yang sebelumnya mengalami keadaan *critical*, setelah dilakukan perbaikan pada *cable 20*, kondisi bus 36 sekarang sudah menjadi *marginal* sehingga tidak perlu adanya perbaikan.
- 14) Komponen CB 113 dan 14 akan trip karena arus sebesar 345.7 A, sehingga perlu dilakukan penambahan rating CB menjadi 350 A.
- 15) *Cable 23* mengalami *overload*, perlu dilakukan perbaikan dengan penggantian kabel berinti 3 dengan diameter 95mm.
- 16) Keadaan bus 41 dan 42 yang sebelumnya *critical*, setelah dilakukan perbaikan pada *cable 23* sudah dalam kondisi aman.
- 17) CB 115 akan trip karena arus sebesar 76.8 A. Perlu dilakukan perbaikan dengan mengganti CB dengan rating 85 A.
- 18) CB 106 dan 105 akan trip karena arus sebesar 270.3 A. Perbaikan dilakukan dengan penggantian rating CB menjadi 275 A.

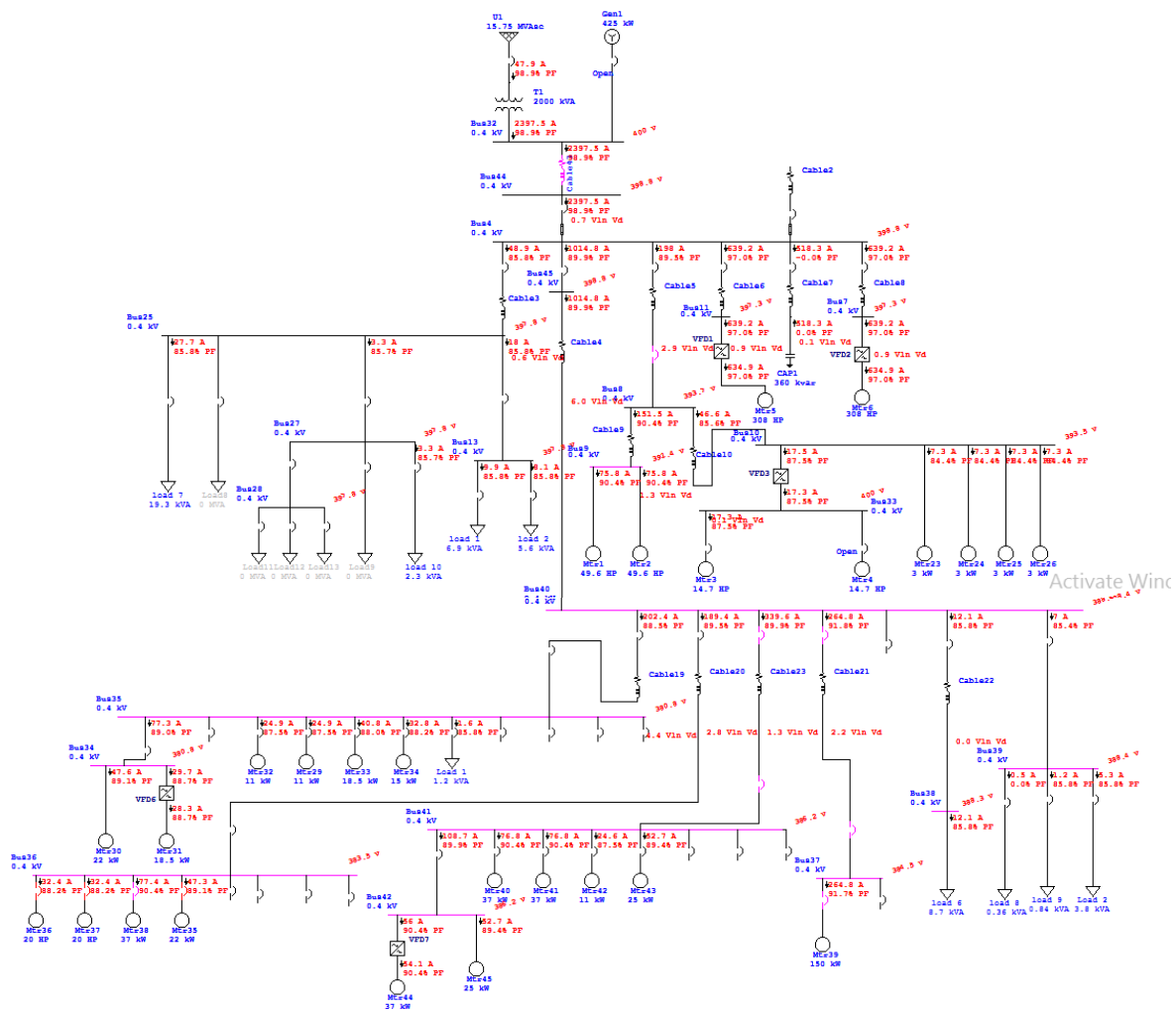
- 19) *Cable 21* dalam keadaan *critical*, perlu dilakukan perbaikan dengan mengganti kabel berinti 3.
- 20) Bus 37 yang sebelumnya dalam keadaan *critical*, setelah dilakukan perbaikan pada *cable 21* keadaan berubah menjadi *marginal* atau dalam batas aman.
- 21) CB 104 akan trip karena arus sebesar 268.8 A. Perlu dilakukan penambahan rating CB menjadi 275 A.
- 22) Perubahan keadaan *critical* menjadi *marginal* terjadi pada bus 38 dan 39 setelah dilakukan perbaikan pada *cable 4*.
- 23) *Cable 5* dalam kondisi *overload*. Perlu dilakukan perbaikan dengan penggantian kabel berinti 2 dengan diameter yang masih sama yaitu 70 mm.
- 24) CB 19 dalam kondisi *critical* yang berarti akan trip jika dilewati arus sebesar 198.4 A. Perlu dilakukan tindakan dengan menambah rating CB menjadi 200 A.
- 25) *Cable 9* mengalami kondisi *overload*. Perlu dilakukan penggantian dengan kabel berinti 2 x 50 mm.
- 26) Bus 9 yang sebelumnya dalam kondisi *critical*, setelah dilakukan perbaikan pada *cable 19*, keadaan bus sudah dalam kondisi aman.
- 27) Komponen CB 15 akan trip. Perlu dilakukan penambahan rating CB menjadi 800 A.
- 28) *Cable 6* dalam keadaan *overload*. Perlu dilakukan perbaikan pada kabel dengan mengubah menjadi kabel berinti 2.
- 29) CB 16 akan trip karena rating yang terlalu kecil untuk arus sebesar 518.5 A, penambahan rating menjadi 630 A dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.
- 30) *Cable 7* dalam keadaan *overload*. Penggantian dengan kabel berinti 2 dilakukan agar mampu menghantarkan arus sebesar 518.5 A.
- 31) CB 17 akan trip karena arus sebesar 641.7 A, perlu dilakukan perbaikan dengan menambah rating CB menjadi 800 A.
- 32) *Cable 8* dalam kondisi *critical*. Perlu dilakukan perbaikan dengan mengganti dengan kabel berinti 2.

Pada tabel 4 memperlihatkan daya aktif sebesar 1.642 MW. Penggantian trafo berkapasitas 2000 kVA sudah mampu menopang keseluruhan beban. Trafo dengan kapasitas 2000 kVA dapat menopang beban maksimal sebanyak 1.700 MW, walaupun pada simulasi masih terdapat warna ungu, hal tersebut masih dalam batas aman.

Tabel 5 menunjukkan kondisi *losses* menurun yang awalnya memiliki *losses* daya aktif sebesar 161.7 kW dan total daya reaktif sebesar 98.9 kVAR turun dan memiliki *losses* daya aktif 32.6 kW dengan daya reaktif sebesar 20.0 kVAR. Penurunan *losses* terlihat jelas pada *cable 4* yang

semula mengalami losses sebesar 85.1 kW menurun menjadi 15.5 kW dan pada *cable 19* yang awalnya 16.9 kW turun menjadi 2.7 kW.

Tabel 6 menunjukkan kondisi bus, sebelum dilakukan perbaikan terdapat beberapa bus dalam kondisi *critical*. Keadaan membaik setelah dilakukan beberapa perbaikan pada kabel dan CB. Keadaan membaik terlihat hampir pada seluruh bus. Perubahan kondisi yang sangat signifikan terjadi pada bus 34 dan 35 yang semula mengalami *drop* sebesar 19.29 % menurun hingga 4.8 %



Gambar 4. Single line diagram tahap 2

Tabel 4. Load flow report tahap 2

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow			NFMR	
ID	kV	%Mag	Angle	MW	MVar	MW	MVar	ID	MW	MVar	Amp	%PF
Bus4	0.400	99.695	-0.2	C	0	C	0	Bus25	0.029	0.017	48.5	85.8
								Bus8	0.122	0.061	198.0	89.5
								Bus11	0.428	0.108	659.2	97.0
								Bus6	0.000	-0.358	518.3	0.0
								Bus7	0.428	0.108	659.2	97.0
								Bus45	0.630	0.307	1014.8	89.9
								Bus44	-1.638	-0.243	2397.1	98.9
Bus6	0.400	99.741	-0.2	C	0	0.000	-0.358	Bus4	0.000	0.358	518.3	0.0
Bus7	0.400	99.324	-0.3	C	0	0.427	0.106	Bus4	-0.427	-0.106	659.2	97.0
								VFD2	0.427	0.106	659.2	97.0
Bus8	0.400	98.423	0.0	C	0	C	0	Bus4	-0.121	-0.061	198.0	89.4
								Bus9	0.093	0.044	151.5	90.4
								Bus10	0.027	0.016	46.6	85.6
Bus9	0.400	97.862	0.1	C	0	0.093	0.044	Bus8	-0.093	-0.044	151.5	90.4
Bus10	0.400	98.365	0.0	C	0	0.027	0.016	Bus8	-0.027	-0.016	46.6	85.6
								VFD3	0.010	0.006	17.5	87.5

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
Bus11	0.400	99.324	-0.3	0	0	0.427	0.106	Bus4	-0.427	-0.106	639.2	97.0	
								VFD1	0.427	0.106	639.2	97.0	
Bus13	0.400	99.455	-0.1	0	0	0.011	0.006	Bus25	-0.011	-0.006	18.0	85.8	
*Bus24	20.000	100.000	0.0	1.642	0.248	0	0	Bus32	1.642	0.248	47.9	98.9	
Bus25	0.400	99.455	-0.1	0	0	0.016	0.010	Bus4	-0.029	-0.017	48.9	85.8	
								Bus13	0.011	0.006	18.0	85.8	
								Bus27	0.002	0.001	3.3	85.8	
Bus27	0.400	99.455	-0.1	0	0	0.002	0.001	Bus25	-0.002	-0.001	3.3	85.8	
								Bus28	0.000	0.000	0.0	0.0	
Bus28	0.400	99.455	-0.1	0	0	0	0	Bus27	0.000	0.000	0.0	0.0	
Bus32	0.400	99.997	0.0	0	0	0	0	Bus44	1.642	0.248	2397.5	98.9	
								Bus24	-1.642	-0.248	2397.5	98.9	
Bus34	0.400	95.203	0.0	0	0	0.045	0.023	Bus35	-0.045	-0.023	77.3	89.0	
								VFD6	0.017	0.009	29.7	88.7	
Bus35	0.400	95.203	0.0	0	0	0.072	0.039	Bus40	-0.118	-0.063	202.4	88.3	
								Bus34	0.045	0.023	77.3	89.0	
Bus36	0.400	95.882	-0.1	0	0	0.112	0.057	Bus40	-0.112	-0.057	189.4	89.3	
Bus37	0.400	96.137	-0.2	0	0	0.162	0.070	Bus40	-0.162	-0.070	264.8	91.7	
Bus38	0.400	97.074	-0.3	0	0	0.007	0.004	Bus40	-0.007	-0.004	12.1	85.8	
Bus39	0.400	97.090	-0.3	0	0	0.004	0.002	Bus40	-0.004	-0.002	7.0	85.4	
Bus40	0.400	97.090	-0.3	0	0	0	0	Bus45	-0.615	-0.297	1014.8	90.0	
								Bus35	0.121	0.063	202.4	88.3	
								Bus36	0.114	0.057	189.4	89.3	
								Bus37	0.164	0.071	264.8	91.8	
								Bus38	0.007	0.004	12.1	85.8	
								Bus41	0.205	0.100	339.6	89.9	
								Bus39	0.004	0.002	7.0	85.4	
Bus41	0.400	96.543	-0.3	0	0	0.139	0.068	Bus40	-0.204	-0.100	339.6	89.9	
								Bus42	0.065	0.032	108.7	89.9	
Bus42	0.400	96.543	-0.3	0	0	0.065	0.032	Bus41	-0.065	-0.032	108.7	89.9	
								VFD7	0.034	0.016	54.0	90.4	
Bus44	0.400	99.699	-0.2	0	0	0	0	Bus32	-1.638	-0.243	2397.5	98.9	
								Bus4	1.638	0.243	2397.5	98.9	
Bus45	0.400	99.699	-0.2	0	0	0	0	Bus40	0.630	0.307	1014.8	89.9	
								Bus4	-0.630	-0.307	1014.8	89.9	
*VFD1	0.400	100.000	0.0	0.427	0.106	0	0	Mtr5~	0.427	0.106	634.9	97.0	
*VFD2	0.400	100.000	0.0	0.427	0.106	0	0	Mtr6~	0.427	0.106	634.9	97.0	
*VFD3	0.400	100.000	0.0	0.010	0.006	0	0	Bus33	0.010	0.006	17.3	87.5	
*VFD6	0.400	100.000	0.0	0.017	0.009	0	0	Mtr31~	0.017	0.009	28.3	88.7	
*VFD7	0.400	100.000	0.0	0.034	0.016	0	0	Mtr44~	0.034	0.016	54.1	90.4	

* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Tabel 5. Total losses tahap 2

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		% Drop in Voltage
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable3	0.029	0.017	-0.029	-0.017	0.1	0.0	99.7	99.5	0.24
Cable5	0.122	0.061	-0.121	-0.061	1.7	0.4	99.7	98.4	1.28
Cable6	0.428	0.108	-0.427	-0.106	1.4	1.4	99.7	99.3	0.37
Cable7	0.000	-0.358	0.000	0.358	0.1	0.2	99.7	99.7	0.04
Cable8	0.428	0.108	-0.427	-0.106	1.4	1.4	99.7	99.3	0.37
Cable9	0.093	0.044	-0.093	-0.044	0.6	0.1	98.4	97.9	0.56
Cable10	0.027	0.016	-0.027	-0.016	0.0	0.0	98.4	98.4	0.06
T1	1.642	0.248	-1.642	-0.248	0.0	0.2	100.0	100.0	0.00
Cable43	1.642	0.248	-1.638	-0.243	4.3	5.0	100.0	99.7	0.30
Cable19	-0.118	-0.063	0.121	0.063	2.7	0.6	95.2	97.1	1.89
Cable20	-0.112	-0.057	0.114	0.057	1.6	0.3	95.9	97.1	1.21
Cable21	-0.162	-0.070	0.164	0.071	1.8	0.3	96.1	97.1	0.95
Cable22	-0.007	-0.004	0.007	0.004	0.0	0.0	97.1	97.1	0.02
Cable4	-0.615	-0.297	0.630	0.307	15.5	10.0	97.1	99.7	2.61
Cable23	0.205	0.100	-0.204	-0.100	1.3	0.3	97.1	96.5	0.55
					32.6	20.0			

Tabel 6. Bus drop tahap 2

Bus ID	Nominal kV	Voltage	kW Loading
Bus4	0.4	99.7	1638
Bus7	0.4	99.32	427
Bus8	0.4	98.42	121
Bus9	0.4	97.86	92.85
Bus10	0.4	98.37	27.2
Bus11	0.4	99.32	427
Bus13	0.4	99.46	10.625
Bus25	0.4	99.46	28.922
Bus27	0.4	99.46	1.958
Bus28	0.4	99.46	0
Bus32	0.4	100	1642
Bus34	0.4	95.2	45.364
Bus35	0.4	95.2	118
Bus36	0.4	95.88	112
Bus37	0.4	96.14	162
Bus38	0.4	97.07	7.003
Bus39	0.4	97.09	4.014
Bus40	0.4	97.09	615
Bus41	0.4	96.54	204
Bus42	0.4	96.54	65.37
Bus44	0.4	99.7	1638
Bus45	0.4	99.7	630

4. PENUTUP

Dari hasil analisa aliran beban pada sistem tenaga listrik di pusat penampung produksi Menggung pertamina asset IV field Cepu menggunakan software ETAP 12.6 dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Simulasi dijalankan dengan beban maksimal, berbeda dengan keadaan dilapangan yang sebagian beban dinyalakan secara bergantian.
- 2) Saat simulasi berjalan 100%trafo dengan kapasitas 1600 kVA tidak mampu menopang keseluruhan beban yaitu 1768 kW, sedangkan kapasitas trafo yang tersedia hanya mampu menopang beban 1280 kW. Perlu adanya penggantian kapasitas trafo dari 1600 kVA menjadi 2000 kVA. Penggantian dengan kapasitas trafo yang jauh lebih besar dari total beban maksimal dilakukan untuk berjaga-jaga jika setiap waktu terdapat penambahan beban pada spare yang tersedia.
- 3) Kondisi *losses* menurun yang awalnya memiliki *losses* daya aktif sebesar 161.7 kW dan total daya reaktif sebesar 98.9 kVAR turun dan memiliki *losses* daya aktif 32.6 kW dengan daya reaktif sebesar 20.0 kVAR. Penurunan *lossesterlihat* jelas pada *cable 4* yang semula

mengalami *losses* sebesar 85.1 kW menurun menjadi 15.5 kW dan pada *cabl* 19 yang awalnya 16.9 kW turun menjadi 2.7 kW.

4) Kondisi bus yang sebelum dilakukan perbaikan terdapat beberapa bus dalam kondisi *critical*. Keadaan membaik setelah dilakukan beberapa perbaikan pada kabel dan CB. Keadaan membaik terlihat hampir pada seluruh bus. Perubahan kondisi yang sangat signifikan terjadi pada bus 34 dan 35 yang semula mengalami *drop* sebesar 19.29 % menurun hingga 4.8 %

PERSANTUNAN

Juri Efendi mengucapkan terimakasih untuk semua yang selalu mengeluarkan waktu dan memberi motivasi sehingga terselesaikannya tugas akhir kepada:

- 1) ALLAH SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan hidayah.
- 2) Kedua orang tua tersayang yang telah mendo'akan, memberi dukungan dan uang saku dalam pengerjaan Tugas Akhir.
- 3) Bapak Umar S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan TeknikElektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 4) Bapak Agus Supardi, S.T., M.T selaku dosen pembimbing.
- 5) Dosen Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 6) Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2014 yang telah memberikan motivasi dan dukungan yang sangat membantu.
- 7) Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebut satu per satu yang telah memberikan dukungan, bantuan serta do'a.

DAFTAR PUSTAKA

Dharamjit, D. K. Tanti. Load Flow Analysis on IEEE 30 Bus System. Jharkhaud: IEEE. 2012.

HoseaEmmy, Yusak Tanoto, "Perbandingan Analisa Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Metode Newton-Rhapson", [Http://getcited.org/pub/103449905](http://getcited.org/pub/103449905), 25 Juli 2009.

Hedbien, "Studi Aliran Daya 115kV di PT. Chevron Pasific Indonesia", 22 Juni 2008, [Http://one.indoskripsi.com/node/3585](http://one.indoskripsi.com/node/3585), 18 Juli 2009.

Ismail, Bazilah, dkk. Optimal Placement of DSTATCOM in Distribution Network Based on Load Flow and Voltage Stability Indices Studies. Kuala Lumpur: IEEE. 2017.

Saeed, Qamar, dkk. Load Flow, Voltage Stability and Short Circuit Analysis and Remedies for A 1240 MW Combined Cycle Power Plant Using ETAP. Karachi: IEEE. 2017.

Sharma, Sudhanshu, dkk. Design of Dectrical System Based on Load Flow Analysis Using ETAP for IEC Project. New Delhi: IEEE. 2016.

Stet, Denisa, dkk. Load Flow and Short Circuit Analysis in Romania 110/20 kV Retrofited Substation. Coimbra: IEEE. 2017.

Sulistyarso, Edhy 2010, Analisis Aliran BebanSistem Ditribusi Menggunakan ETAP 4.0.0,. Universitas Muhammadiyah Surakarta.